
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2007/2008

April 2008

EBP 307/2 - Polymer Rheology [Reologi Polimer]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this examination paper contains NINE printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper contains SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan TIGA soalan di BAHAGIAN B.]

Instructions: Answer **FOUR** questions : **TWO** from PART A and **TWO** from PART B. If a candidate answers more than four questions only the first four questions in the answer sheet will be graded.

[Arahan: Jawab **EMPAT** soalan : **DUA** dari BAHAGIAN A dan **DUA** dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

Answer to any question must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

PART A**BAHAGIAN A**

1. Give **definition** for the following:

- (i) Rheology
- (ii) Rheological equations of state
- (iii) Flow curve
- (iv) Newtonian fluids
- (v) Bingham plastic fluids
- (vi) Pseudoplastic fluids
- (vii) Dilatant fluids
- (viii) Thixotrophy fluids
- (ix) Rheopexy fluids
- (x) Elasticoviscous fluids

Berikan **takrifan** kepada yang berikut:

- (i) Reologi
- (ii) Persamaan keadaan reologi
- (iii) Lengkungan aliran
- (iv) Bendalir Newtonian
- (v) Bendalir "bingham plastic"
- (vi) Bendalir "pseudoplastic"
- (vii) Bendalir "dilatant"
- (viii) Bendalir "thixotrophy"
- (ix) Bendalir "rheopexy"
- (x) Bendalir "elasticoviscous"

(100 marks/markah)

2. [a] Describe how to have toothpaste flows out of its tube and identify the type of flow behavior.

Terangkan bagaimana ubat gigi boleh dikeluarkan daripada tiubnya dan tentukan jenis kelakuan aliran tersebut.

(15 marks/markah)

- [b] Sketch a plot of shear stress versus shear rate for a Bingham plastic fluid showing limiting behavior at low and high shear rates. From the sketch determine the mathematical expression for the plot.

Lakarkan plot tegasan ricih melawan kadar ricih bagi bendalir "Bingham plastic" dengan menunjukkan had kelakuan pada kadar ricih yang rendah dan tinggi. Dari lakaran tentukan ungkapan matematik bagi plot tersebut.

(15 marks/markah)

- [c] Derive an equation to relate apparent viscosity and shear rate for a Bingham plastic fluid. Sketch a plot of apparent viscosity versus shear rate for the fluid showing limiting behavior at low and high shear rates.

Terbitkan persamaan yang menghubungkan kelikatan setara dan kadar ricih bagi bendalir "Bingham plastic". Lakarkan plot kelikatan setara melawan kadar ricih bagi bendalir tersebut dengan menunjukkan had kelakuan pada kadar ricih yang rendah dan tinggi.

(20 marks/markah)

- [d] The following data for a polymer solution was obtained at room temperature. Fit the data with the power-law equation and obtain all the constants.

Data yang berikut diperolehi daripada suatu larutan polimer pada suhu bilik. Padankan data dengan menggunakan hukum kuasa dan dapatkan semua pemalar.

Shear stress (Pa)	Shear strain (s^{-1})
<i>Tegasan ricih (Pa)</i>	<i>Kadar ricih (s^{-1})</i>
36.5	415
43.4	748
47.1	929
53.6	1360
56.6	1630
61.6	2110
65.3	2360
69.5	2710
74.8	3400

(50 marks/markah)

3. [a] High-molecular weight molecules such as polymers exhibit unusual flow behavior that could not be described by the Newton's law (for flow). State 4 factors that influence the flow behavior of polymers.

Molekul berberat molekul tinggi seperti polimer mempamerkan kelakuan aliran yang luar biasa yang tidak boleh dijelaskan oleh Hukum Newton (bagi aliran). Berikan 4 faktor yang mempengaruhi kelakuan aliran polimer.

(20 marks/markah)

- [b] (i) Polymer extrudates can develop distortions at some critical shear rates or shear stresses. This phenomenon of distorted extrudates is called melt fracture. Figure 1 shows the effect of melt temperature on onset of melt fracture in polyethylene. Illustrate the shape of extrudates when the polymer is processed at the following processing conditions:

Ekstrudat polimer akan membentuk herotan pada kadar ricih atau tegasan ricih genting. Fenomena ekstrudat terherot ini dikenali sebagai rekahan leburan. Rajah 1 menunjukkan kesan suhu leburan terhadap peralihan ke rekahan leburan bagi polietilena. Berikan ilustrasi bentuk ekstrudat apabila polimer tersebut diproses pada keadaan pemprosesan berikut:

- (a) 210°C, 400 s⁻¹
 (b) 190°C, 400 s⁻¹

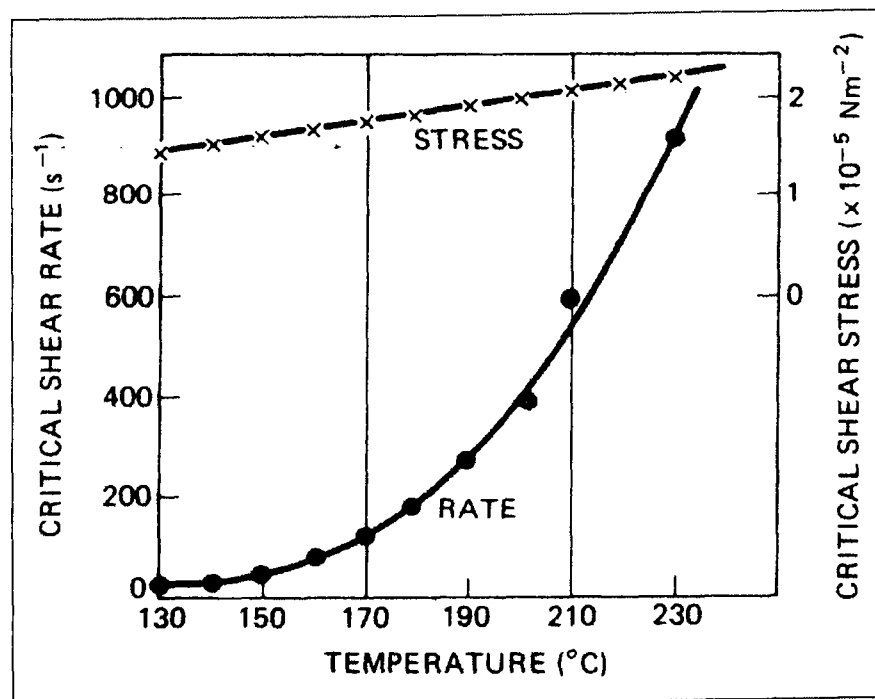


Figure 1 - Effect of melt temperature on onset of melt fracture in polyethylene

Rajah 1 - Kesan suhu leburan terhadap peralihan ke rekahan leburan bagi polietilena

(10 marks/markah)

Say that you are a production engineer in a company producing polyethylene rods. Briefly discuss two benefits that you can obtain from the plots at the previous page.

Andaikan anda seorang jurutera pengeluaran di sebuah kilang yang menghasilkan rod daripada polietilena. Secara ringkas bincangkan dua faedah yang boleh anda perolehi daripada plot di mukasurat sebelah.

(30 marks/markah)

- (ii) For a typical long-chain, entangled polymer, sketch the apparent viscosity as a function of shear rate (log-log graph). Briefly comments the three models, i.e. Power-law, Carreau and modified Cross in fitting the flow behavior of the polymer.

Bagi suatu polimer rantai panjang dan kusut, lakarkan kelikatan setara sebagai fungsi kadar ricih (graf log-log). Secara ringkas komen padanan tiga model iaitu Hukum kuasa, Carreau and Cross terubahsuai terhadap kelakuan aliran polimer tersebut.

(40 marks/markah)

PART B

BAHAGIAN B

4. [a] Explain how filler presence in a polymer melt affects its rheological behaviour.

Bincangkan bagaimana kehadiran pengisi dalam suatu leburan polimer boleh mempengaruhi sifat reologinya.

(50 marks/markah)

- [b] Explain the differences between constant shear stress capillary rheometer and constant shear rate capillary rheometer. Use suitable diagrams if necessary.

State one additional features that is required for each capillary rheometer in order to complete their function in studying polymer melt rheological behaviour.

Terangkan perbezaan antara reometer kapilari tegasan ricih malar dan reometer kapilari kadar ricih malar. Gunakan gambarajah yang sesuai jika perlu.

Nyatakan satu ciri tambahan yang perlu ada untuk setiap jenis reometer kapilari bagi melengkapkan fungsi mereka dalam mengkaji sifat reologi leburan polimer.

(50 marks/markah)

5. [a] Calculate the rheological parameters (i.e. shear stress, shear rate and viscosity) if MFI result give a value of 22 g/10min. The MFI test was conducted at 220°C using a standard 3.80 kg load.

Given,

Piston diameter = 1.8 cm

Polymer melt density = 0.79 g/cm³

Die diameter = 1.5 mm

L/D ratio of the die = 6

Kirakan parameter-parameter reologi (iaitu tegasan ricih, kadar ricih dan kelikatan) sekiranya keputusan ujian MFI memberikan nilai 22 g/10min. Ujian MFI tersebut dilaksanakan pada suhu 220°C menggunakan suatu beban piawai seberat 3.80 kg.

Diberikan,

Diameter piston = 1.8 cm

Ketumpatan leburan polimer = 0.79 g/cm³

Diameter dai = 1.5 mm

Nisbah L/D = 6

(60 marks/markah)

- [b] There are many defects related to the processing and fabrication of polymer product in an extrusion process such as melt fracture. Explain how melt fracture can be detected from a flow curve and list practical ways of overcoming this defect.

Terdapat banyak kecacatan yang berkait rapat dengan pemprosesan dan fabrikasi produk polimer dalam proses pengekstrudan seperti rekahan leburan. Terangkan bagaimana rekahan leburan dapat dikesan dari suatu lengkungan aliran dan senaraikan cara-cara praktikal untuk mengatasi kecacatan tersebut.

(40 marks/markah)

6. [a] Your company has given you a task of measuring rheological behaviour of a polymer. Available in your factory is a Melt Flow Index (MFI) equipment. Describe how you can convert the MFI equipment into a constant shear stress capillary rheometer that will enable you to construct a complete flow curve for the polymer.

Syarikat anda telah memberikan anda satu tugas untuk mengukur kelakuan reologi suatu polimer. Peralatan yang tersedia di dalam kilang anda ialah alat Indeks Aliran Leburan (Melt Flow Index –MFI). Jelaskan bagaimana anda boleh menukarkan fungsi alat MFI itu kepada satu reometer kapilari tegasan malar yang boleh membantu anda dalam menghasilkan lengkungan aliran lengkap bagi polimer tersebut.

(60 marks/markah)

- [b] Sketch a diagram of torque development with time which is obtained from a torque rheometer for two polymer compounds that respectively contained 15% and 30% CaCO_3 filler added after 6 minutes of the mixing sequence. Explain why the compounding process need to be continued (i.e. after filler addition) until a stable torque value is achieved?

Lakarkan gambarajah perkembangan tork dengan masa yang diperolehi dari reometer tork untuk dua sebatian polimer yang masing-masing mengandungi 15% dan 30% pengisi CaCO_3 yang ditambah pada minit ke-6 turutan percampuran. Terangkan mengapa proses penyebatian perlu diteruskan (iaitu selepas penambahan pengisi) sehingga suatu nilai tork yang stabil diperolehi?

(40 marks/markah)